

Studi Efisiensi dan Konservasi Energi Pada Interior Gedung P Universitas Kristen Petra

Stephen Sugiarto Prasetyo, Yusita Kusumarini
Program Studi Desain Interior, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121 – 131, Surabaya
E-mail: stephensugiarto@gmail.com, yusita@petra.ac.id

Abstrak—Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari upaya-upaya efisiensi dan konservasi energi apa saja yang sudah diterapkan pada Kampus Timur/Gedung P Universitas Kristen Petra. Krisis energi menjadi latar belakang dari penelitian ini. Kebutuhan energi yang semakin besar di Indonesia tidak diimbangi oleh persediaan energi yang mencukupi. Lalu, hampir seluruh kebutuhan energi di Indonesia terpenuhi oleh material yang tidak dapat diperbarui.

Salah satu gedung bertingkat yang patut untuk diteliti adalah Gedung P dari Universitas Kristen Petra yang telah sukses dalam penerapan inovasi hemat energinya. Upaya-upaya efisiensi dan konservasi energi pada Gedung P patut dipelajari dan dipublikasikan menjadi referensi untuk kemajuan desain baik arsitektur maupun interior khususnya untuk gedung bertingkat sehingga memberikan kontribusi besar dalam upaya penyelamatan lingkungan dan penghematan energi.

Penelitian dilakukan dengan pengumpulan data lapangan, lalu data dianalisa menggunakan tolok ukur GREENSHIP Interior yang diterbitkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI). Hasilnya adalah nilai poin dan persentase (%) dalam kategori Energy Efficiency and Conservation (EEC) pada Gedung P. Lalu, dari hasil analisa tersebut telah dirumuskan kesimpulan dan saran untuk perkembangan penghematan energi pada Gedung P kedepannya.

Kata Kunci—efisiensi, energi, Gedung P, greenship, interior, konservasi, Universitas Kristen Petra

Abstract—This study is accomplished to reveal the efforts of efficiency and energy conservation in East Campus/P Building of Petra Christian University. Energy crisis is the background of this study. The high energy demand in Indonesia is not compensated by enough energy supplies. Furthermore, nearly all of energy supplies in Indonesia is produced from non-renewable resources.

One of the high-rise buildings that is fitting to be studied is the East Campus/P Building of Petra Christian University. Energy efficient innovations were applied to the building to reduce the building's energy consumption. The efforts done in P Building needs to be studied and published for public references, also for the improvement of both architecture and interior design specially in high-rise building. This will contribute largely to the efforts of saving the environment and energy saving.

The study is done by collecting field data, then it is analyzed using GREENSHIP standards for interior published by Green Building Council Indonesia (GBCI). The result is shown in points and percentage (%) for category of Energy Efficiency and Conservation (EEC). Then, using the result from analysis, conclusion and recommendations can be formulated for future development of energy efficiency in P Building.

Keywords—conservation, efficiency, energy, greenship, interior, P Building, Petra Christian University

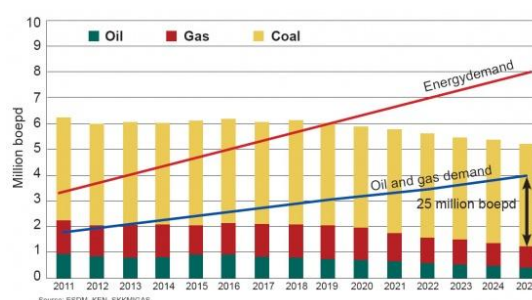
I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Krisis energi telah menjadi isu yang semakin penting seiring dengan kemajuan jaman. Memasuki abad ke-20, kebutuhan akan energi semakin besar dalam berbagai bidang. Hampir tidak ada satupun bidang yang tidak membutuhkan energi dalam menjalankan kegiatan. Sebagai contohnya, penggunaan energi dalam bangunan adalah untuk pencahayaan, pemanas dan pendingin ruangan, dan berbagai alat elektronik.

Namun, kebutuhan akan energi yang semakin besar tidak diimbangi oleh persediaan energi yang mencukupi. Sebagian besar kebutuhan energi dunia dipenuhi oleh sumber energi dari material yang tidak dapat diperbaharui seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Ketersediaan sumber energi ini akan habis apabila terus diambil karena pembentukannya yang membutuhkan waktu ribuan tahun.

Isu energi di atas telah menjadi perhatian dunia. Berbagai sumber energi cadangan terus dikembangkan dan diteliti untuk menjadi sumber energi yang baru. Energi yang dipenuhi oleh bahan bakar tersebut saat ini pemakaiannya meningkat secara terus menerus oleh masyarakat. Penyebab peningkatan kebutuhan energi adalah pertumbuhan penduduk serta modernisasi peradaban kita. Setiap hari kita menggunakan peralatan listrik seperti air conditioner, komputer, lampu, lemari es, dispenser, televisi dan semua perangkat tersebut memerlukan energi untuk beroperasi sebagaimana dibutuhkan. Keterbatasan energi tersebut digabung dengan emisi gas dan limbah yang dihasilkan dari pembuatan energi inilah yang menyebabkan pemanasan global.



Gambar 1. Grafik perkiraan jumlah *energy demand* dengan produksi *barrels of oil equivalent per day (boepd)* dari tahun 2011 – 2015

Global Warming menjadi isu lingkungan yang semakin gencar disuarakan dalam era modern sekarang ini. Global Warming bukan lagi menjadi wacana melainkan menjadi suatu peringatan serius yang harus diresponi agar manusia dapat melanjutkan kehidupannya di bumi ini. Tingginya kadar karbon dioksida (CO₂) di udara menjadi salah satu tanda rusaknya alam. Konsentrasi CO₂ yang tinggi di atmosfer menghalangi pelepasan kembali panas matahari dari bumi, sehingga terjadilah efek rumah kaca yang memicu terjadinya pemanasan global. Sejak revolusi industri, konsentrasi CO₂ meningkat tajam dan terus naik sebesar 36% dari 280ppm (bagian per mil) pada masa sebelum revolusi industri, hingga mencapai 381ppm pada 2005 (Akmal, 2007).

Konsep penekanan desain ekologi arsitektur didasari dengan maraknya isu pemanasan global. Diharapkan dengan konsep perancangan yang berdasar pada keseimbangan alam ini, dapat mengurangi pemanasan global sehingga suhu bumi tetap terjaga. Satu penyumbang terbesar bagi pemanasan global dan bentuk lain dari kerusakan lingkungan adalah industri konstruksi bangunan. Meskipun demikian, Indonesia menempati posisi ke-8 dengan nilai Green Building Involvement yang hanya bernilai 38% (konferensi BCI Asia FuturArc Forum 2008). Itu berarti bahwa penerapan konsep desain yang berwawasan lingkungan di Indonesia masih sangat perlu ditingkatkan.

Objek penelitian yang dibahas kali ini adalah Gedung P dari Universitas Kristen Petra Surabaya yang mempunyai desain awal tidak berorientasi hemat energi tetapi telah sukses dalam penerapan inovasi hemat energinya. Listrik merupakan salah satu energi utama yang diperlukan dalam kegiatan operasional kampus Universitas Kristen Petra Surabaya. Menurut hasil wawancara dengan kepala UPPK Universitas, tenaga listrik yang bersumber dari PLN tersebut sebagian besar digunakan untuk keperluan air conditioner (AC) dan lampu penerangan ruangan. Sebagian besar ruangan di kampus menggunakan AC dengan konsumsi listrik yang cukup besar yaitu sekitar 60% dari total konsumsi listrik gedung. Sisanya, sebagian besar digunakan untuk operasional lift, lampu dan komputer ruangan.

Penerapan metode hemat energi pada gedung P ini dijalankan jauh setelah gedung berdiri, tepatnya adalah 13 tahun setelah gedung selesai dibangun. Hal ini dilakukan karena hasil evaluasi konsumsi energi gedung memberikan hasil yang kurang memuaskan, Gedung P mengkonsumsi terlalu banyak energi per tahunnya. Untuk itu, tim dosen Universitas Kristen Petra yang mempunyai pendalaman terhadap ilmu hemat energi dari berbagai program studi berkumpul untuk menciptakan sebuah inovasi yang dapat diterapkan untuk mengurangi konsumsi energi Gedung P tanpa mengurangi kenyamanan pengguna dalam gedung. Inovasi hemat energi seperti diatas patut dipelajari dan dipublikasikan untuk referensi, sebagai lentera belajar untuk banyak orang, dan untuk kemajuan desain masa depan agar semakin banyak desainer yang memakai desain hemat energi khususnya untuk gedung bertingkat sehingga dapat memberikan kontribusi besar dalam upaya penyelamatan lingkungan, penghematan energi, dan membantu menyelamatkan bumi dari isu global warming.

B. PERUMUSAN MASALAH

Apa sajakah upaya-upaya penghematan energi dalam kategori EEC (Energy Efficiency and Conservation) di Gedung P Universitas Kristen Petra yang sudah memenuhi standar Green Building Council Indonesia (GBCI)?

Kriteria-kriteria yang dicakup dalam kategori EEC adalah :

- Energy Conservation Campaign* / Kampanye Konservasi Energi
- Simple Commissioning* / Komisioning Sederhana
- MVAC Control* / Kontrol Sistem MVAC
- Lighting Power Density and Control* / Densitas Daya Pencahayaan dan Kontrol
- Energi Monitoring and Control* / Pemantauan Energi dan Kontrol
- Electrical Equipment and Appliances* / Peralatan Elektrik

C. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kualitatif. Proses analisa data yang terjadi dengan cara klasifikasi dan karakterisasi sebelum penarikan simpulan.

Sumber data yang saat ini akan dipakai adalah data yang datang dari tiga sumber:

- Person / organization* – Dr. Eka Dewi A. Handoyo, M.Sc., Ka. LPPM, Ka. UPPK, Ka. UPFK
- Paper* – Literatur / kajian teori terkait topik, jurnal, berkas desain
- Place* – Gedung P (Kampus Timur) Universitas Kristen Petra

D. TAHAPAN DAN METODE PENELITIAN

Tahapan, metode, dan hasil dari setiap tahapan penelitian yang dilakukan digambarkan sebagai berikut :

Tabel 1. Tahapan dan Metode Penelitian

Tahapan	Metode
1. Eksplorasi	- wawancara - mencari literatur & teori - survey
2. Deskripsi Data	- deskriptif - ilustrasi
3. Klasifikasi	- klasifikasi - karakterisasi
4. Analisa	- mencari poin-poin prinsip penting dari setiap aspek/identifikasi - induktif
5. Kesimpulan	Mencari kesamaan dari inti atau <i>common principals</i> dari cara-cara penghematan energi tiap kriteria
6. Persuasi	- presentasi - publikasi

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Assessment Tool / Perangkat Penilaian Green Building untuk Ruang Interior (GreenShip Versi 1.0)

GREENSHIP merupakan sistem penilaian yang digunakan sebagai alat bantu bagi para pelaku industri bangunan,

meliputi pengusaha, arsitek, teknisi mekanikal elektrik, desainer interior, teknisi bangunan, lansekap, serta pelaku lainnya dalam rangka menerapkan praktik-praktik terbaik dan berupaya untuk mencapai standar yang terukur serta dapat dipahami oleh masyarakat umum beserta para pengguna bangunan. Standar yang ingin dicapai dalam penerapan GREENSHIP adalah upaya untuk mewujudkan suatu konsep *green building* (bangunan hijau) yang ramah lingkungan sejak dicanangkannya tahapan perencanaan, tahapan pembangunan, sampai dengan pengoperasian dan kegiatan pemeliharaan sehari-hari. Adapun sistem penilaiannya dibagi berdasarkan enam kategori, yaitu:

1. Tepat Guna Lahan (*Appropriate Site Development / ASD*),
2. Konservasi dan Efisiensi Energi (*Energy Efficiency and Conservation / EEC*),
3. Konservasi Air (*Water Conservation / WAC*),
4. Siklus dan Sumber Material (*Material Resources and Cycle / MRC*),
5. Kesehatan dan Kenyamanan dalam Ruang (*Indoor Health and Comfort / IHC*),
6. Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building and Environment Management / BEM*).

Dengan menerapkan sistem penilaian ini, setiap gedung yang menyatakan bahwa gedungnya sebagai bangunan hijau akan mendapatkan penilaian yang terukur dan dapat disertifikasi berdasarkan kriteria-kriteria baku yang disusun dalam sistem kriteria penilaian.

Perangkat penilaian GREENSHIP adalah suatu sistem penilaian yang merupakan bentuk dari salah satu upaya untuk menjembatani konsep kegiatan yang ramah lingkungan dan prinsip pembangunan berkelanjutan dengan kegiatan praktik-praktik yang terjadi secara langsung. Dengan adanya perangkat penilaian ini diharapkan akan terjadi hubungan yang bersinergi bagi para pelaku di bidang industri bangunan, antara lain: para pemilik gedung, desainer interior, industri bahan bangunan, kontraktor gedung, manajemen gedung dan pengguna gedung, sehingga praktik membangun gedung yang ramah lingkungan dapat diterapkan di Indonesia.

Kriteria penilaian GREENSHIP bukan merupakan penemuan baru melainkan kumpulan dan pengelompokan dari kegiatan praktik terbaik yang dilaksanakan oleh para pelaku di bidang industri bangunan yang kemudian dikembangkan dan diidentifikasi kembali oleh GBC Indonesia. Penyusunan panduan teknis perangkat penilaian GREENSHIP Ruang Interior ini dilakukan oleh putra dan putri Indonesia sehingga isi dokumen telah disesuaikan dengan pertimbangan yang didasarkan pada kondisi lokal khas Indonesia yang unik dan spesifik.

B. PENCAPAIAN PERINGKAT

Pihak pengguna yang menginginkan ruang interiornya disertifikasi, sebaiknya mulai menetapkan target pencapaian untuk meraih peringkat tertentu sesuai dengan keinginan dan kemampuannya dalam memenuhi kriteria-kriteria GREENSHIP. Nilai minimum setiap tingkat peringkat GREENSHIP dibuat berdasarkan persentase nilai yang telah ditentukan terhadap total keseluruhan nilai kredit, tidak

termasuk nilai bonus. Tingkat peringkat yang ada dalam GREENSHIP untuk Ruang Interior Versi 1.0 tahun 2011 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Kategori Peringkat

Peringkat	Persentase	Nilai Minimum
<i>Platinum</i>	73%	75
<i>Gold</i>	57%	59
<i>Silver</i>	46%	47
<i>Bronze</i>	35%	36

B. GREENSHIP Ruang Interior

Sasaran yang dituju oleh GREENSHIP Ruang Interior adalah pihak pengguna yang pada umumnya merupakan suatu badan usaha berbentuk manajemen perusahaan penyewa dan menggunakan sebagian atau keseluruhan ruangan didalam gedung dengan diikuti oleh proses kegiatan *fit out* yang berfungsi untuk mengakomodasi aktivitas perusahaannya. Lingkup penilaian dari GREENSHIP Ruang Interior ini juga tidak hanya sebatas aktivitas *fit out* semata, tetapi juga meliputi kebijakan pihak manajemen dalam melakukan pemilihan lokasi atau pemilihan gedung serta pengelolaan yang dilakukan oleh pihak manajemen setelah aktivitas di dalamnya mulai beroperasi.

Lingkup penilaian pada GREENSHIP Ruang Interior memiliki persamaan terhadap lingkup penilaian GREENSHIP *New Building* yang melakukan penilaian pada tahap pemilihan lokasi, tahap desain dan tahap konstruksi. Adapun perbedaannya adalah pada GREENSHIP *New Building* objek penilaian bertitik berat pada gedung dengan peranan penting yang dimiliki oleh pemilik gedung dan arsitek, sedangkan pada GREENSHIP Ruang Interior, objek penilaian bertitik berat pada sebagian atau seluruh ruangan di dalam gedung dengan peranan penting pihak manajemen pengguna dan desainer interior.

Lingkup penilaian pada GREENSHIP Ruang Interior juga memiliki persamaan terhadap lingkup penilaian GREENSHIP *Existing Building* yang juga melakukan penilaian pada tahapan operasional dan pemeliharaan. Perbedaannya adalah pada GREENSHIP *Existing Building*, objek penilaian bertitik berat pada gedung dengan peranan penting yang dimiliki oleh pemilik gedung dan manajemen gedung. Sedangkan pada GREENSHIP Ruang Interior, objek penilaian bertitik berat pada sebagian atau seluruh ruangan di dalam gedung dengan peranan penting pihak manajemen pengguna dan pihak pengguna gedung.

C. Energy Efficiency and Conservation (EEC) / Efisiensi dan Konservasi Energi

Efisiensi dan Konservasi Energi (EEC) merupakan salah satu dari 6 kategori yang ada dalam standar penilaian GREENSHIP untuk ruang interior. Konservasi energi adalah perilaku yang dapat dilakukan untuk mencapai penghematan energi seperti mematikan lampu dan peralatan elektrik saat tidak digunakan, menyetel Air Conditioning (AC) pada

temperatur yang nyaman dan tidak terlalu dingin. Efisiensi energi merupakan pendekatan yang dilakukan melalui pemanfaatan atau pemakaian teknologi yang membutuhkan energi lebih rendah dalam melakukan fungsi yang sama seperti penggunaan lampu dan peralatan listrik yang hemat energi.

Kategori konservasi energi dalam GREENSHIP Ruang Interior ini bertujuan untuk menumbuhkan kesadaran akan pentingnya penghematan energi, mendorong adanya tindakan penghematan serta mengendalikan konsumsi energi pada area interior. Konservasi energi yang dapat dilakukan antara lain dengan adanya komisioning yang bertujuan untuk meyakinkan bahwa sistem bangunan beroperasi sesuai dengan spesifikasi dan desain. Komisioning dan audit energi dapat memperbaiki pengoperasian bangunan gedung dan membuat penurunan konsumsi energi serta biaya operasi. Dari praktik pelaksanaan komisioning dapat memberikan penghematan energi tahunan pada kisaran 5% sampai 20%. Tindakan lain yang dapat dilakukan adalah pemilihan sistem *Mechanical Ventilation and Air Conditioning* (MVAC), yaitu peralatan, jaringan distribusi dan terminal yang digunakan baik secara kolektif maupun individual untuk menghasilkan udara segar yang bersih, pendinginan dan kontrol kelembaban dalam bangunan gedung yang hemat energi, penggunaan lampu hemat energi yang disertai dengan memaksimalkan cahaya alami untuk sistem pencahayaan, pemantauan konsumsi energi di area, pemilihan peralatan elektronik yang paling efektif juga efisien dalam konsumsi energi.

D. EEC P. Kampanye Konservasi Energi / Energy Conservation Campaign (Prasyarat)

Tujuan

Menumbuhkan kesadaran akan pentingnya konservasi energi

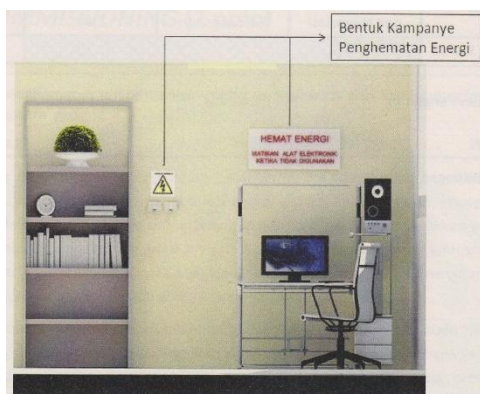
Tolok Ukur

Menunjukkan adanya surat pernyataan yang memuat komitmen dari manajemen puncak atau pihak eksekutif yang disetujui oleh manajemen puncak untuk mendorong upaya konservasi energi berupa

1A. Adanya usaha berupa kampanye yang mendorong penghematan energi antara lain: stiker, poster, *e-mail*.

Atau,

1B. Adanya kebijakan institusi berupa penunjukan/pembentukan tim/gugus tugas atau personel yang bertanggung jawab atas penghematan energi yang disertai dengan deskripsi kerja.



Gambar 2. Peletakan Media Kampanye Konservasi Energi Pada Ruang Kerja

E. EEC 1. Komisioning Sederhana / Simple Commissioning (2 poin)

Tujuan

Mengupayakan penghematan energi dengan melakukan uji coba dan komisioning / persiapan pada sistem penting di dalam gedung.

Tabel 3. Keuntungan Proses Komisioning

Pemilik	Operator	Penghuni
Berkurangnya permintaan perbaikan.	Sistem beroperasi dengan cara yang seharusnya.	Kualitas udara yang sehat.
Mengurangi biaya konstruksi, karena masalah dapat dideteksi dini dan masih dalam masa garansi.	Lebih sedikit mendapatkan keluhan.	Lingkungan kerja yang nyaman.
Mengurangi biaya operasi.	Mendapatkan pelatihan untuk semua sistem.	-
Mengurangi waktu tunda konstruksi.	Manual <i>operational</i> dan <i>maintenance</i> yang baik.	-

Tolok Ukur

1A. Melakukan *testing* dan *commissioning* secara mandiri untuk sistem pendingin yang terintegrasi dengan gedung utama, *power equipment*, pencahayaan di area pengguna. Pihak pengguna memberikan informasi berupa hasil *testing* dan *commissioning* yang berpengaruh terhadap kinerja gedung utama ke pihak pengelola gedung utama. (2 poin)

atau

1B. Melakukan *testing* dan *commissioning* secara mandiri untuk sistem pendingin udara yang terpisah dengan sistem gedung utama, *power equipment*, pencahayaan di area pengguna. (2 poin)

atau

1C. Memilih gedung yang secara rutin melakukan *testing* dan *commissioning* dan meminta hasil *testing* dan *commissioning*. (2 poin)

F. EEC 2. Kontrol Sistem MVAC / MVAC Control (2 poin)

Tujuan

Melakukan penghematan konsumsi energi pada sistem MVAC (*Mechanical Ventilation And Air Conditioning*).

Tolok Ukur

1A. Memilih gedung yang menggunakan sistem *Air Conditioning* (AC) dengan standar efisiensi maksimum sebagai berikut: **(2 poin)**

Tabel 4. Efisiensi maksimum AC menurut jenisnya

Sistem AC	Jenis Peralatan	Efisiensi Maksimum (kW/TR)
Water-cooled	Recip/screw chiller	0.851
	Centrifugal chiller	0.626
Air-cooled	Recip/screw chiller	1.220
Unitary	Split	1.416
	VRV	1.004

atau

1B. Memilih atau melengkapi sistem AC dengan kontrol yang *advanced* untuk efisiensi energi. **(2 poin)**

G. *Densitas Daya Pencahayaan dan Kontrol / Lighting Power Density and Control* (5 poin)

Tujuan

Melakukan penghematan konsumsi energi pada sistem pencahayaan.

Tolok Ukur

1. Melakukan penghematan dengan sistem pencahayaan yang memiliki daya pencahayaan lebih hemat dari total seluruh daya pencahayaan, yang tercantum dalam SNI 03 6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Besar penghematan yang dilakukan beserta poin yang diperoleh:

Tabel 5. Persentase penghematan energi pencahayaan dan poin yang didapatkan

Penghematan (W/m ²)	Poin
20%	1
40%	2
60%	3

2A. Menggunakan 100% ballast frekuensi tinggi. **(1 poin)**

2B. Memenuhi butir 2A dan menggunakan *integrated light sensor* dan/atau *integrated occupancy sensor* dan/atau *individual control* dalam rangka penghematan energi. **(2 poin)**

H. *EEC 4. Pemantauan Energi dan Kontrol / Energy Monitoring and Control* (2 poin)

Tujuan

Mendukung prosedur pemantauan, pencatatan dan pengendalian konsumsi energi.

Tolok Ukur

1. Adanya pencatatan rutin bulanan hasil pantau dan koleksi data pada kWh meter. Pencatatan dilakukan selama minimum 3 bulan terakhir. **(1 poin)**

2. Mengapresiasi penggunaan energi dalam bentuk *Energy Display* yang ditempatkan di area publik*. **(1 poin)**

*area publik merupakan area yang dapat diakses oleh seluruh penghuni gedung

I. *EEC 5. Peralatan Elektrik / Electrical Equipment Appliances* (3 poin)

Keterangan

Peralatan elektrik yang diperhitungkan di sini tidak termasuk peralatan pada sistem pencahayaan dan MVAC.

Tujuan

Mendorong penggunaan peralatan elektrik yang hemat energi.

Tolok Ukur

1A. Menggunakan peralatan elektrik yang berlabel 'hemat energi' minimum sebanyak 25% dari total daya (Watt) peralatan elektrik. **(1 poin)**

atau

1B. Menggunakan peralatan elektrik yang berlabel 'hemat energi' minimum sebanyak 50% dari total daya (Watt) peralatan elektrik. **(2 poin)**

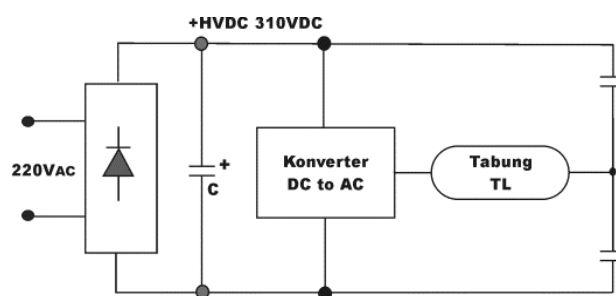
atau

1C. Menggunakan peralatan elektrik yang berlabel 'hemat energi' minimum sebanyak 75% dari total daya (Watt) untuk peralatan elektrik. **(3 poin)**

J. FUNGSI DAN KELEBIHAN BALLAST ELEKTRONIK

Ballast elektronik merupakan rangkaian kontrol untuk menyalakan lampu TL (fluorescent) yang memiliki efisiensi daya jauh lebih baik daripada ballast transformer. Ballast elektronik pada saat ini banyak digunakan oleh produsen lampu TL (fluorescent) seperti Philips dan Panasonic untuk membuat lampu fluorescent hemat energi. Rangkaian ballast elektronik terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut:

- Rectifier
- DC to AC converter
- Starter kapasitor



Gambar 3. Diagram Blok Ballast Elektronik

Fungsi bagian dari ballast elektronik diatas dapat diuraikan sebagai berikut :

- Rectifer, berfungsi untuk mengubah tegangan listrik AC 220V PLN menjadi tegangan DC tinggi (High Voltage DC /HVDC) 320 Volt.
- DC to AC Converter, berfungsi untuk mengubah tegangan HVDC 320 Volt menjadi tegangan AC 500V – 800V dengan frekuensi 20KHz – 60KHz.
- Starter, berfungsi sebagai starter untuk menyalakan lampu TL (fluorescent) untuk pertama kali. Untuk ballast elektronik dengan frekuensi tinggi bagian starter dapat ditiadakan.

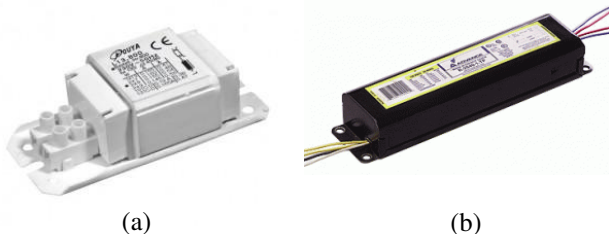
Secara prinsip ballast elektronik berfungsi untuk memberikan sumber tegangan untuk menyalakan lampu TL (fluorescent) dari tegangan AC 220 Volt PLN. Prinsip kerja rangkaian ballast elektronik adalah mengubah (menaikan) tegangan listrik AC 220V PLN mejadi tegangan AC 500V – 800V dengan frekuensi 20 KHz – 60 KHz.

Ballast elektronik memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan ballast transformer. Beberapa kelebihan ballast elektronik tersebut adalah :

- Meningkatkan rasio perbandingan konversi daya listrik ke cahaya yang dihasilkan.
- Tidak terdeteksinya kedipan oleh mata karena kedipannya terjadi pada frekuensi yang sangat tinggi sehingga tidak dapat diikuti oleh kecepatan mata.
- Efisiensi daya yang tinggi

Ballast elektronik memiliki berat lebih ringan
Ballast elektronik yang beredar pada saat ini memiliki beberapa tipe sebagai berikut:

- Flyback inverter
- Rangkaian Current source resonant
- Rangkaian Voltage source resonant



Gambar 4. Jenis ballast:

(a) ballast trafo (*magnetic*), (b) ballast elektronik (*electronic*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kampanye Konservasi Energi / Energy Conservation Campaign

Kriteria kampanye ini merupakan kriteria prasyarat, yaitu kriteria yang menentukan apakah penilaian untuk kategori Efisiensi dan Konservasi Energi pada Universitas Kristen Petra dapat dilakukan. Kriteria prasyarat ini harus dipenuhi terlebih dahulu sebelum kriteria-kriteria yang lain diperhitungkan. Setelah kriteria ini dipenuhi maka Kampus Universitas Kristen Petra dapat dihitung perolehan poinnya dalam kategori Efisiensi dan Konservasi Energi.

Sesuai dengan bunyi tolok ukur nomor 1A pada kriteria Kampanye Konservasi Energi, Universitas Kristen Petra telah melakukan kampanye dalam bentuk banner, poster, dan

stiker. Kelengkapan dokumen yang dibutuhkan sudah terpenuhi, termasuk Surat Keputusan Rektor tentang *Green Campus*, bukti-bukti kampanye dalam bentuk banner, poster, dan stiker. Lalu bukti fotografis yang menunjukkan lokasi pemasangan media kampanye juga sudah terpenuhi. Dokumen, gambar, dan bukti fotografi telah dideskripsikan dan diuraikan pada Bab 3.5.1.

Hal ini menjadikan kriteria prasyarat dari kategori Efisiensi dan Konservasi Energi terpenuhi oleh Universitas Kristen Petra termasuk di dalamnya juga Gedung P, sehingga dapat melanjutkan perolehan poin-poin kriteria untuk kategori tersebut.

Poin yang diperoleh: **P / P**

B. Komisioning Sederhana / Simple Commissioning

Pada kriteria komisioning sederhana, Universitas Kristen Petra mempunyai sebuah unit yang berhubungan erat dengan kriteria ini, yaitu Unit Pelayanan dan Pemeliharaan Kampus. Pihak Universitas Kristen Petra pernah melakukan komisioning keseluruhan pada tahun 2007 yang dilakukan oleh PT. Energy Management Indonesia (Persero). Sesuai dengan Tolok Ukur no. 1A, 1B, dan 1C pada kriteria Komisioning Sederhana, kegiatan komisioning sederhana yang dapat memperoleh poin adalah komisioning yang dilakukan secara rutin. Rutin disini dimaksudkan dalam jangka waktu yang konsisten dan regular, contohnya setiap 3 bulan sekali, 6 bulan sekali, atau setiap 1 tahun sekali, dan sebagainya. Sehingga kegiatan komisioning keseluruhan yang dilakukan hanya pada tahun 2007 tidak memenuhi kriteria Tolok Ukur 1A, 1B, atau 1C.

Pihak Unit Pelayanan dan Pemeliharaan Kampus (UPPK) secara rutin melakukan maintenance, pengecekan, dan penggantian alat-alat elektronik dan unit-unit lampu yang rusak atau tidak beroperasi sebagaimana mestinya. Akan tetapi pihak UPPK tidak pernah melakukan komisioning mendetail pada unit-unit Air Conditioning di seluruh kampus, seperti pengecekan pada voltase dan ampere, suhu udara yang keluar, faktor energi, dan kapasitas pendinginan pada Air Conditioning. Pengecekan dan perbaikan pada unit Air Conditioning hanya dilakukan jika ada laporan rusak dari pengguna ruangan, sehingga kegiatan yang dilakukan tersebut juga tidak dapat memenuhi kriteria Tolok Ukur 1A, 1B, atau 1C.

Poin yang diperoleh: **0 / 2**

C. Kontrol Sistem MVAC / MVAC Control

Pada dokumen kelengkapan untuk kriteria ini disebutkan bahwa kriteria ini membutuhkan laporan Audit Energi pada sistem AC. Laporan akan Audit Energi pada sistem AC di Gedung P sudah ada dan cukup lengkap. Laporan mencakup mulai dari jumlah, jenis, dan kapasitas pendingin, sampai temperatur ruangan, tingkat kelembaban, dan daya AC (watt) yang digunakan pada setiap ruang-ruang yang ada, termasuk luasan ruangan-ruangan (m^2) dari masing-masing unit AC. Namun tidak ada data pada laporan mengenai Efisiensi Maksimum (kW/TR) pada tiap unit AC. Sedangkan untuk Tolok Ukur no. 1A pada Kontrol Sistem MVAC membutuhkan data Efisiensi Maksimum (kW/TR) untuk tiap

unit AC, sehingga data lapangan yang ada tidak dapat memenuhi Tolok Ukur kriteria no. 1A.

Untuk Tolok Ukur kriteria no. 1B, Gedung P sangat memenuhi Tolok Ukur tersebut. Disebutkan bahwa Tolok Ukur 1B memerlukan adanya sistem kontrol AC yang *advanced* untuk mengontrol energi yang dikonsumsi oleh AC. Fungsi dari sistem Unit Akses Kontrol Fingerprint dan Smart Card yang terpasang pada pintu-pintu ruang kuliah dan ruang kantor dosen dalam Gedung P adalah untuk membantu menghemat energi yang dikonsumsi oleh AC. Garis besar dari fungsi sistem ini adalah mematikan AC ketika waktu pemakaian ruang kuliah sudah habis, atau dosen yang menggunakan ruang kantor tidak lagi berada dalam ruang tersebut. Fungsi dari sistem ini sejalan dengan fungsi *key card power system* yang biasa terdapat pada hotel, apartemen, dan tempat residensial lainnya guna menghemat pemakaian listrik. Selain untuk menghemat penggunaan energi, Unit Akses Kontrol Fingerprint dan Smart Card ini juga berguna untuk keamanan ruangan, sebab setiap ruangan yang dilengkapi dengan unit ini hanya dapat diakses oleh pengguna yang data dirinya (fingerprint atau smart card) cocok dengan database sistem.

Sistem Unit Akses Kontrol Fingerprint dan Smart Card yang terpasang pada Gedung P sudah memenuhi Tolok Ukur kriteria no. 1B, sehingga pada kriteria Kontrol MVAC, Gedung P sudah mendapatkan 2 poin.

Poin yang diperoleh: 2 / 2

D. Densitas Daya Pencahayaan dan Kontrol / Lighting Power Density and Control

Tolok Ukur no. 1 pada kriteria pencahayaan ini memberikan jumlah poin sesuai dengan persentase penghematan energi yang dilakukan dalam faktor pencahayaan. Pada penghematan daya 20% diberikan 1 poin, pada 40% diberikan 2 poin, dan pada 60% diberikan 3 poin, semua dalam satuan W/m^2 .

Cara penghitungan yang dilakukan adalah dengan memakai nilai Daya Pencahayaan Maksimum (W/m^2) yang ada pada tabel strategi pelaksanaan sebagai denominator, dan selisih dari Daya Eksisting dengan Daya Pencahayaan Maksimum (W/m^2) sebagai numerator. Lalu dikalikan dengan 100% untuk mendapatkan persentase penghematannya. Semua perhitungan tersebut disesuaikan dengan jenis area dari ruangan-ruangan yang akan dihitung daya nya. Contoh, jika menghitung penghematan untuk ruang kantor dosen, maka standar Daya Pencahayaan Maksimum (W/m^2) yang dipakai adalah milik Ruang Kantor. Berikut adalah rumus sederhana yang dipakai,

$$\frac{\bar{x}(P_{max} - P_x)}{P_{max}} \times 100\% = x\%$$

dimana, \bar{x} = rata-rata; $x(P_{max} - P_x)$ = rata-rata dari selisih P_{max} dan P_x

P_{max} = Daya Pencahayaan Maksimum (W/m^2)

P_x = Daya Eksisting Dalam Ruangan (W/m^2)

x = Angka Persentase Penghematan Daya (W/m^2)

Tabel 6. Jumlah ruangan diklasifikasikan dengan jenisnya (Gedung P)

Penghitungan Untuk Ruang Kantor

$$\frac{\bar{x}(P_{max} - P_x)}{P_{max}} \times 100\% = x\%$$

Jika nilai angka dimasukkan ke dalam rumus,

$$\frac{227.67/26}{15} \times 100\% = 58,38\%$$

X_O (Penghematan pada Ruang Kantor) = **58,38%**

Penghitungan Untuk Ruang Kuliah

$$\frac{\bar{x}(P_{max} - P_x)}{P_{max}} \times 100\% = x\%$$

Jika nilai angka dimasukkan ke dalam rumus,

$$\frac{195.89/30}{13} \times 100\% = 50.23\%$$

X_C (Penghematan pada Ruang Kuliah) = **50.23%**

Penghitungan Untuk Ruang Meeting

$$\frac{\bar{x}(P_{max} - P_x)}{P_{max}} \times 100\% = x\%$$

Jika nilai angka dimasukkan ke dalam rumus,

$$\frac{77.14/6}{20} \times 100\% = 64.28\%$$

X_M (Penghematan pada Ruang Meeting) = **64.28%**

Penghitungan Untuk Ruang Laboratorium

$$\frac{25.58/2}{19} \times 100\% = 67.32\%$$

X_L (Penghematan pada Ruang Lab.) = **67.32%**

Penghitungan Rata-Rata Penghematan

$$\frac{58,38 + 50,23 + 64,28 + 67,32}{4} = 60,1\%$$

Dari penghitungan diatas didapatkan angka penghematan sebesar 60,1% (W/m^2) dari total daya yang digunakan untuk pencahayaan. Sehingga, untuk Tolok Ukur no. 1 pada kriteria Densitas Daya Pencahayaan dan Kontrol, Gedung P mendapat 3 poin.

Untuk Tolok Ukur no. 2A dan 2B pada pencahayaan, penghitungan poin sedikit berbeda dari tolak ukur yang berjenis pilihan (A atau B atau C) lainnya. Pada Tolok Ukur no. 2A, jika memenuhi kriteria maka akan mendapat 1 poin. Jika memenuhi Tolok Ukur no. 2B, jika memenuhi kriteria maka akan mendapat 2 poin. Akan tetapi, Tolok Ukur 2B hanya dapat dipenuhi jika telah memenuhi persyaratan untuk Tolok Ukur 2A. Pada Gedung P, telah terpasang ballast elektronik pada tiap lampu sehingga Tolok Ukur no. 2A telah terpenuhi. Lalu pada Gedung P juga telah terpasang Sistem Unit Akses Kontrol Fingerprint dan Smart Card yang salah satu dari fungsinya adalah untuk mengontrol penggunaan pencahayaan, maka Gedung P telah memenuhi

Area	Jumlah Ruangan
- Ruang kantor	26
- Ruang perkumpulan/meeting	6
- Ruang kelas / kuliah	30
- Laboratorium mesin	2

Tolok Ukur no. 2B karena telah memenuhi syarat pada no.

2A dan juga 2B. Untuk no. 2B poin yang diberikan adalah 2 poin.

Poin yang diperoleh: **5 / 5**.

E. Pemantauan Energi dan Kontrol / Energy Monitoring and Control

Untuk kriteria Pemantauan Energi dan Kontrol, Tolok Ukur 1 membutuhkan adanya pencatatan rutin bulanan hasil pantau dan koleksi data pada kWh meter. Pada Gedung P, sudah terpasang kWh meter pada setiap lantai gedung dan telah dilakukan pencatatan rutin konsumsi listrik setiap bulannya. Jenis kWh meter yang dipasang adalah analog dan digital. Pada kWh meter yang jenis digital, konsumsi listrik tiap bulannya dipantau dan direkam secara otomatis menggunakan server dilengkapi dengan software yang dirancang spesifik untuk fungsi tersebut. Koneksi yang digunakan dari server ke setiap kWh meter adalah RS-485 dan TCP/IP. Upaya ini sudah melengkapi kebutuhan dari Tolok Ukur no. 1 tentang Pemantauan Energi dan Kontrol, maka poin yang diberikan adalah 1 poin.

Lalu untuk Tolok Ukur no. 2, dibutuhkan sebuah *energy display* berupa media yang bisa diakses dan dilihat oleh umum. *Energy display* ini merupakan media sederhana yang menampilkan pemakaian energi setiap bulannya agar dapat dilihat oleh semua pengguna gedung, termasuk mahasiswa, staf pengajar, *cleaning service*, dan tenant-tenant yang menyewa tempat di Gedung P untuk berjualan. Hal ini dilakukan fungsinya untuk menumbuhkan kesadaran akan betapa besar konsumsi energi listrik yang telah dipakai, sehingga semua pengguna gedung dapat memulai untuk melakukan upaya-upaya sederhana dalam penghematan

konsumsi energi listrik. Namun, pada Gedung P belum terdapat media dalam bentuk apapun yang menampilkan pemakaian energi listrik tiap bulannya. Sehingga dalam Tolok Ukur no. 2, Gedung P belum memenuhi syarat untuk memperoleh poin.

Poin yang diperoleh: **1 / 2**.

F. Peralatan Elektrik / Electrical Equipment and Appliances

Peralatan elektrik yang diperhitungkan dalam kriteria ini tidak termasuk peralatan pada sistem pencahayaan dan MVAC. Terdapat 3 pilihan Tolok Ukur dalam kriteria ini, yaitu 1A, 1B, dan 1C. Kebutuhan dari 3 pilihan ini adalah sama, yaitu membeli dan menggunakan peralatan elektrik yang berlabel hemat energi. Perbedaan dari 3 pilihan tersebut hanyalah pada jumlah alat elektrik yang berlabel hemat energi. Pada no. 1A jika penggunaan alat elektrik hemat energi mencapai 25% dari total daya pemakaian maka mendapatkan 1 poin, pada no. 1B jika mencapai 50% maka 2 poin, dan pada no. 1C jika mencapai 75% maka mendapatkan 3 poin.

Data lapangan di Gedung P menunjukkan bahwa cukup banyak alat-alat elektrik yang memiliki label hemat energi, tetapi belum pernah dilakukan pendataan akan berapa total jumlah konsumsi daya (watt), jumlah peralatan yang tidak berlabel hemat energi, jumlah peralatan yang berlabel hemat energi, dan jenis alat-alat elektrik yang ada. Maka dalam kriteria ini tidak dapat dilakukan penghitungan poin.

Poin yang diperoleh: **0 / 3**.

Tabel 5. Penghitungan poin yang diperoleh untuk Gedung P Universitas Kristen Petra dalam kategori Efisiensi dan Konservasi Energi (EEC) menurut standar GREENSHIP Ruang Interior versi 1.0

Kode	Kriteria	Poin Maksimum	Poin Diperoleh	Bonus	Persentase
<i>Energy Efficiency and Conservation</i>					
EEC P	<i>Energy Conservation Campaign</i>	P	P	-	
EEC 1	<i>Simple Commissioning</i>	2	0	-	0%
EEC 2	<i>MVAC Control</i>	2	2	-	14,3%
EEC 3	<i>Lighting Power Density and Control</i>	5	5	-	35,7%
EEC 4	<i>Energy Monitoring and Control</i>	2	1	-	7,1%
EEC 5	<i>Electrical Equipment and Appliances</i>	3	0	-	0%
	Jumlah Poin / Jumlah Nilai Persentase	14	8		57,1%

IV. SIMPULAN

Berdasarkan tolok ukur GREENSHIP untuk ruang interior, hasil data lapangan, dan proses analisa, sistem penghematan energi pada Gedung P Universitas Kristen Petra Surabaya dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Sudah ada bentuk komitmen dan kampanye penghematan energi pada Gedung P dan gedung-gedung lainnya di Universitas Kristen Petra. Rektor Universitas

Kristen Petra telah menjalankan program *Green Campus* sebagai komitmen dari penghematan energi. Lalu bentuk kampanye yang telah dilakukan adalah pemasangan banner, poster, *e-poster* pada media Divo, dan sticker.

- Untuk sistem komisioning, belum ada bentuk komisioning yang sesuai dengan kriteria GREENSHIP Interior yang dilakukan oleh Universitas Kristen Petra. Namun, Unit Pelayanan dan Pemeliharaan Kampus (UPPK) secara rutin melakukan pengecekan dan

maintenance terhadap alat-alat elektronik dan lampu pada Gedung P, tetapi tidak sampai pada komisioning rutin pada sistem *Air Conditioning*.

- Pada sistem kontrol MVAC terdapat upaya penghematan energi yang berupa Audit Energi sistem *Air Conditioning* pada Gedung W dan P Universitas Kristen Petra pada akhir tahun 2007, serta percobaan pemasangan Sistem Unit Akses Kontrol *Smart Card* pada tahun 2008, diikuti dengan pemasangan secara keseluruhan pada Gedung P di tahun 2010. Pada tahun 2010 bersamaan dengan pemasangan yang menyeluruh, ada pergantian dan penambahan alat baru yang dapat dioperasikan tidak hanya memakai kartu *Smart Card* saja, tetapi juga memakai sidik jari, yaitu Sistem Unit Akses Kontrol *Fingerprint* dan *Smart Card*. Alasan penambahan fitur sidik jari adalah untuk mengantisipasi pengguna yang seringkali lupa membawa *smart card* yang digunakan untuk mengoperasikan alat.
- Pada kriteria Densitas Cahaya Pencahayaan dan Kontrol, Gedung P sudah melakukan penghematan dengan upaya penggunaan ballast elektrik Philips Ballast HF-S 236 TL-

D II 220-240V 50/60Hz pada seluruh *general lighting*. Upaya berikutnya adalah dengan menggunakan Sistem Unit Akses Kontrol *Fingerprint* dan *Smart Card* yang berfungsi untuk membatasi dan mengontrol penggunaan pencahayaan buatan pada ruangan-ruangan kelas, kantor, dan ruang rapat. Dalam jumlah angka, penghitungan singkat dilakukan untuk mendapatkan angka penghematan energi untuk pencahayaan dalam persentase (%), hasilnya adalah Gedung P mengalami penghematan energi sebanyak 60.1% untuk pencahayaan.

- Pada kriteria Pemantauan Energi dan Kontrol, upaya yang telah dilakukan adalah pemasangan kWh meter jenis analog dan digital pada Gedung P guna memantau dan merekam data konsumsi energi setiap bulannya. Pencatatan konsumsi energi setiap bulan dilakukan secara manual pada kWh meter jenis analog. Sedangkan pada kWh meter jenis digital pencatatan dilakukan secara otomatis oleh server dengan software khusus yang menggunakan jaringan jenis RS-485 dan TCP/IP untuk mengambil data dari masing-masing kWh meter digital. Untuk *energy display*, belum ada upaya yang dilakukan.
- Kriteria Peralatan Elektrik meliputi upaya penggunaan alat-alat elektrik yang berlabel 'hemat energi'. Pada Gedung P sudah banyak terdapat alat-alat elektrik seperti komputer, laptop, printer, dan alat fotokopi yang mempunyai label 'hemat energi', namun belum pernah dilakukan pencatatan untuk jumlah peralatan yang berlabel 'hemat energi' sehingga belum dapat dilakukan penghitungan perolehan poin untuk kriteria tersebut.
- Seperti pada tabel xx.xx, Gedung P telah memperoleh 8 dari 14 poin yang dapat diperoleh untuk kategori Efisiensi dan Konservasi Energi pada GREENSHIP Rating Tools for Interior Space versi 1.0. Jika poin nilai

kredit diubah ke dalam bentuk persentase (%) dan diklasifikasikan ke dalam Tabel xx.xx Kategori Peringkat, maka Gedung P sudah mendapat peringkat Gold dalam upaya penghematan kategori Efisiensi dan Konservasi Energi.

A. SARAN

- Untuk *general lighting* di Gedung P dapat ditambahkan reflektor pada tiap rumah lampu TL, dengan penambahan reflektor maka dapat lebih meningkatkan lagi efisiensi pencahayaan karena cahaya dari lampu lebih merata mengenai ruangan.
- Dalam upaya komisioning, disarankan untuk menjadwalkan perawatan AC secara berkala. Perawatan AC ini meliputi pengecekan pada voltase dan ampere, suhu udara yang dihasilkan, faktor energi, dan kapasitas pendinginan pada *Air Conditioning*.
- Berdasarkan data dari Audit Energi PT. Energy Management Indonesia pada akhir tahun 2007, refrigeran yang digunakan di seluruh AC pada Gedung P ini adalah refrigeran jenis R-22 yang merupakan salah satu jenis refrigeran sintetik dan tidak ramah lingkungan. Dalam hal ini, refrigeran dapat diganti dengan refrigeran hidrokarbon, disamping ramah lingkungan juga dapat menghemat penggunaan energi listrik.
- Dalam upaya penghematan dan kontrol penggunaan energi, dibutuhkan sebuah media *energy display* dalam bentuk televisi atau panel yang menampilkan data *real-time* terhadap pemakaian energi di Gedung P. Media *energy display* ini dimaksudkan agar seluruh pengguna Gedung P menyadari akan besarnya pemakaian energi dalam gedung sehingga pengguna gedung dapat memulai untuk melakukan hal-hal yang mengurangi pemakaian energi dalam keseharian mereka. Jangka waktu tampilan data dalam *energy display* yang paling optimal adalah menampilkan pemakaian listrik Gedung P per bulannya untuk dilihat oleh umum. Lalu, sebaiknya media hanya menampilkan pemakaian listrik dalam unit kWh saja untuk perbulannya dan tidak menampilkan biaya listrik dalam unit Rupiah untuk menghindari eksposur dari data sensitif milik Universitas Kristen Petra.
- Dalam kriteria Peralatan Elektrik hemat energi, Universitas Kristen Petra sudah melakukan upaya dalam pemakaian alat-alat elektrik yang mempunyai label hemat energi. Upaya yang dapat dilakukan selanjutnya adalah mendata jumlah peralatan yang berlabel hemat energi, dan mendata konsumsi energi (kWh) yang dimiliki oleh alat-alat tersebut sehingga dapat dihitung persentase (%) penghematan energinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Architectural Institute of Japan (AIJ). (2005). *Architecture for a Sustainable Future*. Tokyo: IBEC.
- [2] ASHRAE. (2010) "Standard 90.1-2010: Energy Efficient Design of New Building, except Low Rise Residential Buildings (I-P ed.). Atlanta, GA: Author.

- [3] Green Building Council Indonesia. (2012, April). Panduan Teknis – Perangkat Penilaian Bangunan Hijau untuk Ruang Interior (versi 1.0). Indonesia: Author.
- [4] Ken, Yeang. (1994). Bioclimatic Skyscrapers. London: Artemis.
- [5] Ken, Yeang. (1999). The Green Skyscraper: The Basis for Designing Sustainable Intensive Buildings. New York: Prestel Verlag.
- [6] Priatman, Jimmy (2002, Desember). Energy-Efficient Architecture: Paradigma dan Manifestasi Arsitektur Hijau. *Dimensi Teknik Arsitektur*, 30(2): 167-175.
- [7] PT. Energy Management Indonesia (Persero). (2007, Desember). Laporan Akhir–Audit Energi Di Sektor Bangunan Universitas Kristen Petra Surabaya. Indonesia: Author.
- [8] Purnama, Agus. (2012). Fungsi dan Kelebihan Ballast Elektronik. Retrieved 12 November 2015 from <http://elektronika-dasar.web.id/fungsi-dan-kelebihan-ballast-elektronik>